

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-134540

(43)Date of publication of application : 12.05.2000

(51)Int.Cl.

H04N 5/335

H04N 9/07

(21)Application number : 10-307967

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 29.10.1998

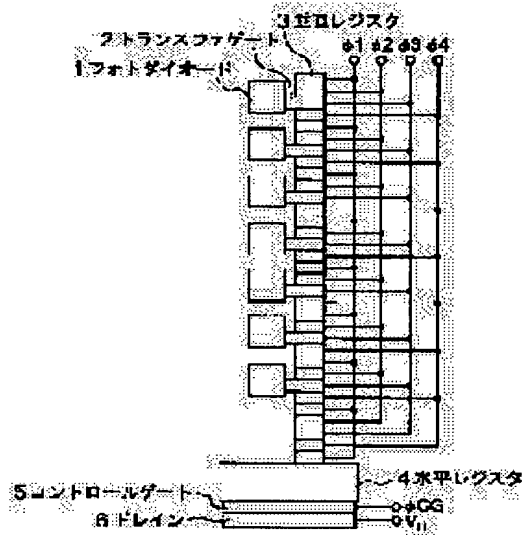
(72)Inventor : ORIHARA KOZO

(54) SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE AND ITS DRIVING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid-state image pickup device capable of optional thinning reading without changing a vertical register electrode and a bus line configuration.

SOLUTION: This solid-state image pickup device is an interline transfer type CCD image sensor of a progressive scan system having a four-phase driven vertical register, is provided with photodiodes 1, transfer gates 2, a vertical register 3, a horizontal register 4, a control gate 5 and a drain 6, and the drain 6 discharging unnecessary charge and the control gate 5 controlling discharge are provided adjacently to the register 4. One-pixel signals are independently added and read or signals of plural pixels are added and read by the horizontal register 4 among signals of the optional number of pixels continuing in a vertical direction by discharging the unnecessary charge to the drain 6 in a row unit.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.06.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開 2000-134540

(P 2000-134540A)

(43)公開日 平成12年5月12日(2000.5.12)

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テームコード(参考)

H O 4 N 5/335
9/07

H O 4 N 5/335
9/07

F 5C024
A 5C065

審査請求 有 請求項の数 8 O L

(全7頁)

(21)出願番号 特願平10-307967

(22)出願日 平成10年10月29日(1998.10.29)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 織原 弘三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式
会社内

(74)代理人 100096231

弁理士 稲垣 清

Fターム(参考) 5C024 BA01 EA08 GA01 GA16 GA42

GA43 GA48 HA05 HA17 JA10

JA25 JA32

5C065 AA03 BB48 CC01 CC08 DD07

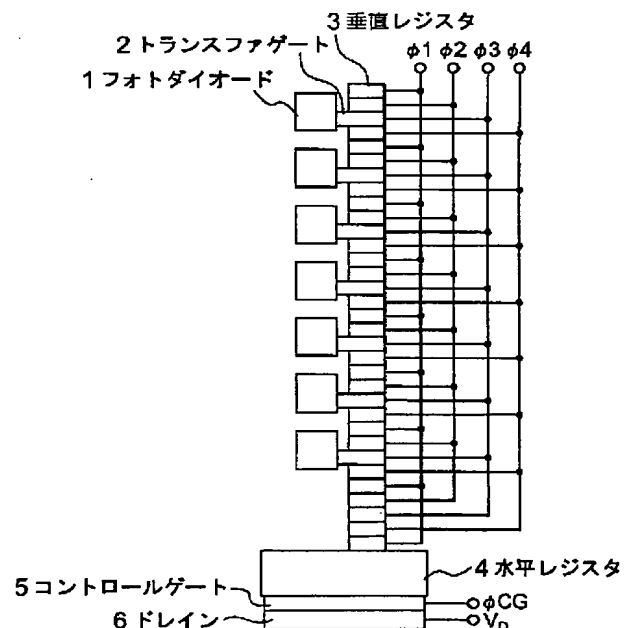
EE06 GG10 GG21

(54)【発明の名称】 固体撮像装置及びその駆動方法

(57)【要約】

【課題】 垂直レジスタの電極、バスライン構成を変更することなく、任意の間引き読み出しを可能にする固体撮像装置を提供する。

【解決手段】 本固体撮像装置は、4相駆動垂直レジスタを有するプログレッシブスキャン方式のインターライン転送型CCDイメージセンサであって、図1に示すように、フォトダイオード1、トランスファゲート2、垂直レジスタ3、水平レジスタ4、コントロールゲート5、及びドレイン6を備えていて、不要な電荷を排出するドレイン6と排出を制御するコントロールゲート5が、水平レジスタ4に隣接して設けられている。不要電荷を行単位でドレイン6に排出することによって、垂直方向に連続する任意の画素数の信号のうち、1画素の信号を独立に、あるいは複数画素の信号を水平レジスタ4で加算して読み出す。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 垂直レジスタを含む画素部と水平レジスタとを備える固体撮像装置において、垂直レジスタ内を転送される画素信号のうち、垂直方向に M 個 (M は 2 以上の整数) を繰り返し数として $M-N$ 個 (N は $1 \leq N < M$ の整数) を排出することにより、行単位に信号電荷を排出するようにした信号電荷排出手段と、

残る N 個の画素信号を読み出す読み出し手段とを備えていることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】 前記水平レジスタが、前記 N 個の画素信号を加算して読み出す読み出し手段として機能することを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】 前記 N 個の画素信号が同色のカラーフィルタを形成した画素の信号であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】 前記信号電荷排出手段が、水平レジスタに隣接して形成されたドレインを含むことを特徴とする請求項 1 から 3 のうちのいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 5】 前記信号電荷排出手段が、前記画素部と前記水平レジスタとの間に位置する垂直レジスタに隣接する素子分離領域に形成されたドレインを含むことを特徴とする請求項 1 から 3 のうちのいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 6】 行単位に信号電荷を排出する信号電荷手段を有する固体撮像装置の駆動方法であって、垂直レジスタ内を転送される画素信号のうち、垂直方向に M 個 (M は 2 以上の整数) を繰り返し数として $M-N$ 個 (N は $1 \leq N < M$ の整数) を前記信号電荷を排出する手段により掃き捨て、残る N 個の画素信号を読み出すことを特徴とする固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 7】 前記 N 個の画素信号を水平レジスタによって加算して読み出すことを特徴とする請求項 6 に記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 8】 前記 N 個の画素信号が同色のカラーフィルタを形成した画素の信号であることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の固体撮像装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】 【発明の属する技術分野】 本発明は、固体撮像装置及びその駆動方法に関し、特にデジタルスチルカメラに好適な電荷結合素子型固体撮像装置及びその駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、コンシューマ向けのデジタルスチルカメラの高画質化が急速に進んでおり、100万画素以上の画素数を有する固体撮像装置、特に CCD イメージセンサが、広く使われるようになってきている。これらの CCD イメージセンサは、低消費電力化を図るために、

20MHz 程度以下のデータレートで動作しているのが、一般的であり、この時のフレームレートは、毎秒 10 枚前後である。デジタルスチルカメラでは、CCD イメージセンサの信号を用いてオートフォーカスや露出の制御を行ったり、液晶モニタをファインダーとして使用したりしているが、これらの機能を確実に果たすためには、毎秒 30 枚程度のフレームレートが必要となる。このため、従来は、垂直方向の一部の画素からの信号電荷のみを読み出してライン数を間引くことにより、フレームレートを向上させている。

【0003】 図 14、15 は、従来の間引き読み出しの例を示す。本例では、4 相駆動垂直レジスタを有するプログレッシブスキャン方式のインターライン転送型 CCD イメージセンサとする。図 14 は、画素列を模式的に表した図で、1 はフォトダイオード、2 はトランスファゲート、3 は垂直レジスタ、4 は水平レジスタを示す。垂直レジスタ 3 では、4 個の転送電極が、1 個のフォトダイオード 1 に対応して配置されている。そのうち、フォトダイオード 1 から垂直レジスタ 3 への信号電荷の転送を行なうトランスファゲート 2 を覆う電極は、3 画素を繰り返し単位として、1 画素が ϕ_{v3A} 、残りの 2 画素が ϕ_{v3B} のパルスが印加されるバスラインに、それぞれ接続されている。なお、簡略化のために、水平レジスタの転送電極は、省略している。

【0004】 図 15 (a) 及び (b) は、それぞれ、全画素読み出しモード及び間引き読み出しモードにおける、垂直ブランキング、水平ブランキング期間中に垂直レジスタの各電極に印加される駆動パルス波形を示す。デジタルスチルカメラの通常の撮影に相当する全画素読み出しモードでは、 ϕ_{v3A} および ϕ_{v3B} には、いずれもハイレベル (VH) が印加されてトランスファゲートがオンとなり、全ての画素の信号電荷が同時に垂直レジスタへ転送される。その後、各水平ブランキング期間中の駆動パルスにより、垂直レジスタ内を 1 段ずつ転送され、水平レジスタへ転送される。

【0005】 ここでは、図示していないが、信号電荷は、有効期間中に水平レジスタ内を転送され、出力アンプを通して外部に出力される。一方、間引き読み出しモードでは、 ϕ_{v3A} のみにハイレベルが印加され、3 画素毎の信号電荷が垂直レジスタへ転送される。その後、各水平ブランキング期間中の駆動パルスにより、垂直レジスタ内を 3 段ずつ転送され、水平レジスタへ転送される。その後の動作は、全画素読み出しモードと同様である。なお、ここでは詳細な説明は省略するが、 ϕ_{v3B} に対応した画素の垂直レジスタに転送されなかった信号電荷は、インターライン転送型 CCD イメージセンサで一般的に用いられている縦型オーバーフロードレイン構造により、基板にパルスを印加することによってフォトダイオード直下の基板に排出される。

【0006】 図 10 に画素間引き動作における画素間引

10

20

30

40

50

きを模式的に示す。垂直方向に3画素を繰り返しとして、1画素のみの信号が読み出される。これにより、全画素読み出しモードのフレームレートが毎秒10枚と仮定すると、間引きモードでは、垂直方向の画素信号が1/3に間引かれるとすると、フレームレートが3倍となり、毎秒30枚のフレームレートを実現できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】図14、15では、ライン数を1/3に間引いてフレームレートを3倍にする例を示したが、この場合には、フォトダイオードの信号を読み出す画素のトランスファゲートのみオンにするため、3画素毎の繰り返しのうち、信号を読み出す1画素と読み出さない2画素とで、トランスファゲートを覆う電極に印加するパルスを変える必要がある。すなわち、間引きの方法に応じて垂直レジスタの転送電極に接続されるバスラインの構成を変えなければならない。

【0008】したがって、間引き方法が異なる場合には、それぞれに応じたフォトダイオードを有する専用のイメージセンサが必要とされる。また、逆に、バスラインの構成が固定している場合には、間引きの方法は限定される。このため、例えば、あるイメージセンサを、画素数の異なる液晶モニタを備えた他のデジタルスチルカメラに搭載して、液晶モニタをファインダーとして間引いた画像を表示させるのは、技術的に難しい。また、要求されるフレームレートの異なるデジタルスチルカメラに同一のイメージセンサを適用することは、技術的に不可能である。

【0009】そこで、本発明の目的は、間引きの方法に応じて垂直レジスタのバスライン構成を変えることなく、繰り返しのライン数や読み出すライン数、あるいはフレームレートを選択できる自由度の高い間引き読み出しのできる固体撮像装置及びその駆動方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の固体撮像装置は、垂直レジスタを含む画素部と水平レジスタとを備える固体撮像装置において、垂直レジスタ内を転送される画素信号のうち、垂直方向にM個(Mは2以上の整数)を繰り返し数としてM-N個(Nは $1 \leq N < M$ の整数)を排出することにより、行単位に信号電荷を排出するようにした信号電荷排出手段と、残るN個の画素信号を読み出す読み出し手段とを備えていることを特徴としている。これによって、同一のイメージセンサを、間引き後のライン数やフレームレートに対する要求の異なる多くの種類のカメラに適用することが可能となる。

【0011】本発明の好適な実施態様では、前記水平レジスタが、前記N個の画素信号を加算して読み出す読み出し手段として機能する。また、前記N個の画素信号が同色のカラーフィルタを形成した画素の信号である。更

には、前記信号電荷の排出手段が、水平レジスタに隣接して形成されたドレインを含む。また、前記信号電荷を排出する手段が、画素部と水平レジスタとの間に位置する垂直レジスタに隣接する素子分離領域に形成されたドレインを含む。

【0012】本発明に係る固体撮像装置の駆動方法は、行単位に信号電荷を排出する手段を有する固体撮像装置の駆動方法であって、垂直方向にM個(Mは2以上の整数)を繰り返し数として、垂直レジスタ内を転送される画素信号のうちM-N個(Nは $1 \leq N < M$ の整数)を前記信号電荷を排出する手段により掃き捨て、残るN個の画素信号を読み出すことを特徴としている。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

実施形態例1

本実施形態例は、本発明に係る固体撮像装置の実施形態の一例であって、図1は本実施形態例の固体撮像装置の要部の構成図、図2は図1の水平レジスタ近傍の詳細図である。本実施形態例の固体撮像装置の要部は、4相駆動垂直レジスタを有するプログレッシブスキャン方式のインターライン転送型CCDイメージセンサであって、図1に示すように、フォトダイオード1、トランスファゲート2、垂直レジスタ3、水平レジスタ4、コントロールゲート5、及びドレイン6を備えていて、不要な電荷を排出するドレイン6と排出を制御するコントロールゲート5が、水平レジスタ4に隣接して設けられている。

【0014】本実施形態例では、垂直レジスタ3の転送電極は、1つのフォトダイオード1に対応して4個配置されている。図14に示す従来例とは異なり、フォトダイオード1から垂直レジスタ3への信号電荷の転送を行なうトランスファゲート2を覆う電極が、すべて共通に、 ϕ_{v3} のパルスが印加されるバスラインに接続されている。なお、簡略化のため水平レジスタの転送電極は省略している。図2は、図1の水平レジスタ4近傍の詳細を示している。ここに示した垂直レジスタ3の転送電極は、 ϕ_{v1} が1層目、 ϕ_{v2} および ϕ_{v4} が2層目、 ϕ_{v3} が3層目の電極材料、例えば多結晶シリコンで構成されている。

【0015】実施形態例1の固体撮像装置の駆動方法

実施形態例1の固体撮像装置の駆動方法として、図1及び図2に示す構成を備えた固体撮像装置に図7に示す駆動パルスを適用した時の間引きの動作を説明する。垂直ブランキング期間中に ϕ_{v3} にV_Hが印加されてトランスファゲートがオンとなり、全てのフォトダイオードに蓄積された信号電荷が同時に対応する垂直レジスタに転送される。その後、信号電荷は、水平ブランキング期間に、垂直レジスタを3段転送され、垂直方向に隣接する

10

20

30

40

50

3画素からの信号電荷が水平レジスタに転送される。3画素からの信号のうち、1番目と2番目の電荷はドレインに排出され、3番目の電荷が水平レジスタを転送され外部に出力される。

【0016】図3は、図2のA-A'に沿った断面の模式図および電位分布を示しており、この図を用いてドレインへの排出の動作を説明する。水平ブランキング期間中に、 ϕ_{H1} がVHの状態、 ϕ_{V4} をVLにすることで電荷が垂直レジスタから水平レジスタに転送される。 ϕ_{V4} をVMに戻した後、 ϕ_{C0} をVLからVHにすることで、

10

コントロールゲートの電位は水平レジスタの電位よりも深くなり、電荷はVDにバイアスされたドレインに排出される。その他の期間では ϕ_{C0} はVLに保たれており、水平レジスタ中の信号電荷がドレインに排出されることはない。上記の動作により、従来例と同様に、3画素を繰り返して1画素の信号が読み出され、図10に示すように画素信号が1/3に間引かれ、フレームレートは3倍になる。

20

【0017】実施形態例1の固体撮像装置の別の駆動方法

次に、実施形態例1の固体撮像装置の別の駆動方法として、図1及び図2に示す構成の固体撮像装置に図8に示す駆動パルスを適用した時の間引きの動作を説明する。この例では、垂直レジスタ内の信号電荷は、水平ブランキング期間に垂直レジスタを4段転送され、垂直方向に隣接する4画素からの信号電荷が水平レジスタに転送される。4画素からの信号のうち、1番目と2番目の電荷はドレインに排出され、3番目と4番目の電荷が水平レジスタに転送される。この時、 ϕ_{H1} はVHの状態にあるので、2画素の信号は水平レジスタ内で加算される。上記の動作により、4画素を繰り返して連続する2画素の信号が加算されて読み出され、図11に示すように画素信号が1/4に間引かれ、フレームレートは4倍になる。ここで説明した以外にも、繰り返しの画素数や連続して加算する画素数など、自由に選択することが可能である。

【0019】実施形態例2

本実施形態例は、本発明に係る固体撮像装置の実施形態の一例であって、図4は本実施形態例の固体撮像装置の要部の構成図、図5は図4の垂直レジスタと水平レジスタの接続部の詳細図である。本実施形態例の固体撮像装置が、実施形態例1の固体撮像装置の構成と異なるのは、不要な電荷を排出するドレイン6が、水平レジスタ4に隣接してではなく、フォトダイオード1が形成されている有効画素部と水平レジスタ4との間に位置する垂直レジスタ3に隣接する素子分離領域に形成されていることである。

【0020】図5は、図4の垂直レジスタと水平レジスタの接続部の詳細を示している。ここに示した垂直レジスタの転送電極は、 ϕ_{V1} および ϕ_{V3} が1層目、 ϕ_{V2} および ϕ_{V4} が2層目の電極材料、例えば多結晶シリコンで構成されている。 ϕ_{V4} に対応するチャネルストッパに、コントロールゲート5およびドレイン6が設けられており、コントロールゲート電極 ϕ_{C0} は3層目の多結晶シリコンで形成されている。また、ドレインはコンタクト8を介して、金属層などの配線に接続され、外部からバイアス電圧VDが印加されている。

【0021】図6は、図5のB-B'に沿った断面の模式図および電位分布を示している。通常の垂直レジスタ内の電荷転送時には、 ϕ_{C0} はVLに保たれており、 ϕ_{V4} がVLの状態でも垂直レジスタの電荷がドレインに排出されることはない。 ϕ_{V4} がVMの状態の時に ϕ_{C0} をVHにすると、コントロールゲートがオンになり、垂直レジスタの電荷がドレインに排出される。

【0022】実施形態例2の固体撮像装置の駆動方法

実施形態例2の固体撮像装置の駆動方法として、図4及び図5に示しが構成を有する固体撮像装置に図7に示す駆動パルスを適用した時の間引きの動作を説明する。垂直レジスタ内の信号電荷は、水平ブランキング期間に垂直レジスタを3段転送されるが、垂直方向に隣接する3画素からの信号電荷のうち、1番目と2番目の電荷はドレインに排出され、3番目の電荷のみが水平レジスタに転送され、水平レジスタを通過して外部に出力される。

【0023】その結果、実施形態例1と同様に、図10に示すように画素信号が、1/3に間引かれ、フレームレートは3倍になる。図1、図2に示した構成と異なり、水平レジスタに転送する前に不要な電荷をドレインに排出するため、連続した3画素の信号のうち読み出す信号が必ずしも3番目の画素である必要はなく、何番目の信号でも読み出すことが可能である点で自由度が高い。

【0024】実施形態例2の固体撮像装置の別の駆動方法

実施形態例2の固体撮像装置の別の駆動方法として、図4及び図5に示す構成を有する固体撮像装置に図8に示す駆動パルスを適用した時の間引きの動作を説明する。

50

この例では、垂直レジスタ内の信号電荷は、水平ブランキング期間に垂直レジスタを4段転送されるが、垂直方向に隣接する4画素からの信号電荷のうち、1番目と2番目の電荷はドレインに排出され、3番目と4番目の電荷が水平レジスタに転送され加算される。

【0025】こうした動作により、4画素を繰り返して連続する2画素の信号が加算されて読み出され、図11に示すように画素信号が1/4に間引かれ、フレームレートは4倍になる。図1及び図2に示した構成と異なり、水平レジスタに転送する前に不要な電荷をドレインに排出するため、加算して読み出す信号は必ずしも3番目と4番目の画素である必要はなく、また、連続した画素の必要もなく、どの2画素の組み合わせでも可能である。ここで説明した以外にも、繰り返しの画素数や加算する画素数など、自由に選択できる点は、実施形態例2と同様である。

【0026】実施形態例2の固体撮像装置の更に別の駆動方法

実施形態例2の固体撮像装置の更に別の駆動方法として、図4及び図5に示した構成を有する固体撮像装置に図9に示す駆動パルスを適用した時の間引きの動作を説明する。本例では、垂直レジスタ内の信号電荷は、水平ブランキング期間に垂直レジスタを3段転送されるが、垂直方向に隣接する3画素からの信号電荷のうち、2番目の電荷はドレインに排出され、1番目と3番目の電荷が水平レジスタに転送され加算される。

【0027】こうした動作により、3画素を繰り返して2画素の信号が加算されて読み出され、画素信号が1/3に間引かれて、フレームレートは3倍になる。本実施形態例では、例えばカラーフィルタ配列が図12に示すように水平2画素、垂直2画素を単位として繰り返している場合、3画素のうち両側の2画素は同じ色のフィルタが形成されているので、図13のように加算しても元の色の情報を保ったまま、感度を向上させることができる。これによって、従来では困難だったような暗い場所でのオートフォーカスが可能になるなどの効果を奏する。

【0028】図12の場合においても、3画素毎に2画素加算する方法に制限されるものではなく、5画素毎に2画素、あるいは3画素の加算も可能である。また、フィルタ配列の繰り返しが水平2画素、垂直2画素以外の場合においても、繰り返しの画素数に応じて本発明を適用できることは明らかである。

【0029】なお、本発明では4相駆動垂直レジスタを有するプログレッシブスキャン方式のインターライン転送型CCDイメージセンサを例に説明したが、4相駆動以外の垂直レジスタを有するCCDイメージセンサや、インターライン転送型以外のCCDイメージセンサにも適用できる。また、プログレッシブスキャン方式のCCDイメージセンサに限定されるものではなく、インター

レース方式のCCDイメージセンサにおいても、フレームを構成する各フィールドにおいて本発明を適用すれば同様の効果を得ることができる。さらに、不要な電荷を排出する手段についても、ここで説明した以外の例でも可能である。

【0030】

【発明の効果】本発明によれば、垂直レジスタの電極およびバスラインの間引きの方法に応じて専用の構成とする必要はなく、垂直レジスタ内の画素信号をライン単位でドレインに排出することによって、繰り返しのライン数や読み出すライン数、加算する画素数、フレームレートなどを選択できる自由度の高い間引き読み出し方法を実現するという効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例1の固体撮像装置の要部の構成図である。

【図2】実施形態例1の水平レジスタ近傍の詳細図である。

【図3】実施形態例1の固体撮像装置のドレインの断面および電位分布を示す図である。

【図4】実施形態例2の固体撮像装置の要部の構成図である。

【図5】図4の垂直レジスタと水平レジスタの接続部近傍の詳細を示す図である。

【図6】図5のドレインの断面および電位分布を示す図である。

【図7】実施形態例1の固体撮像装置の動作を説明するための第1の駆動パルス例である。

【図8】実施形態例1の固体撮像装置の動作を説明するための第2の駆動パルス例である。

【図9】実施形態例1の固体撮像装置の動作を説明するための第3の駆動パルス例である。

【図10】実施形態例2の固体撮像装置の第1の動作を示す図である。

【図11】実施形態例2の固体撮像装置の第2の動作を示す図である。

【図12】カラーフィルタの配列の一例を示す図である。

【図13】実施形態例2の固体撮像装置の第3の動作を示す図である。

【図14】従来の固体撮像装置の構成を示す図である。

【図15】従来の固体撮像装置の動作を説明するための駆動パルス例である。

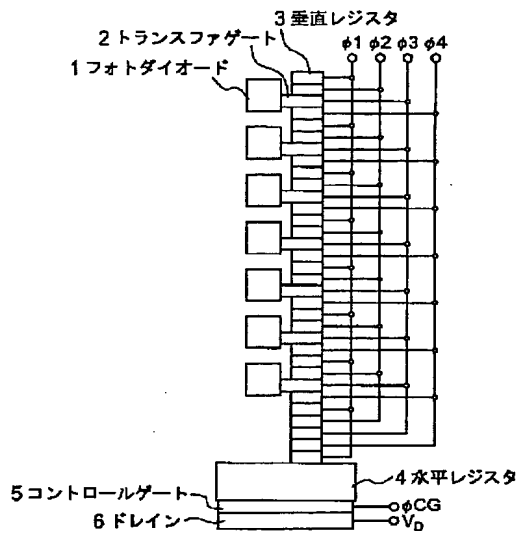
【符号の説明】

- 1 フォトダイオード
- 2 トランスファゲート
- 3 垂直レジスタ
- 4 水平レジスタ
- 5 コントロールゲート
- 6 ドレイン

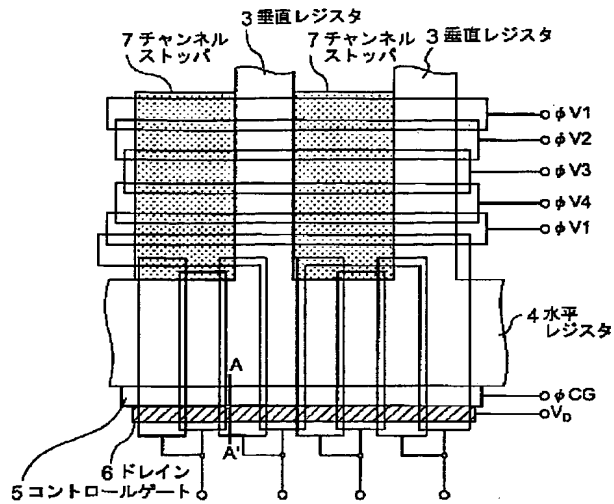
7 チャンネルストップ

8 コンタクト

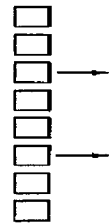
【図1】



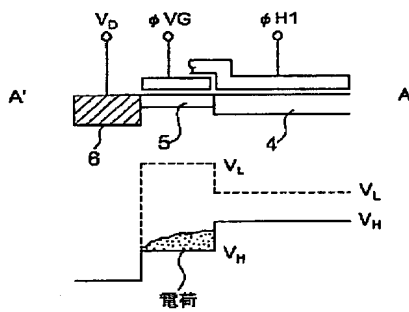
【図2】



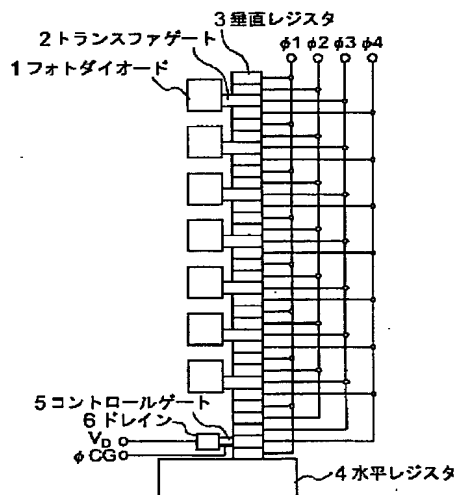
【図10】



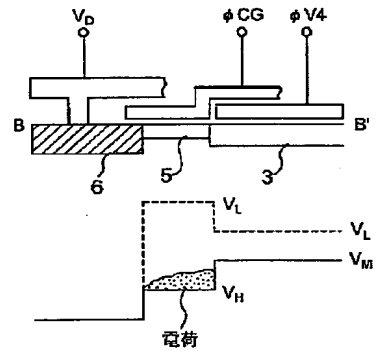
【図3】



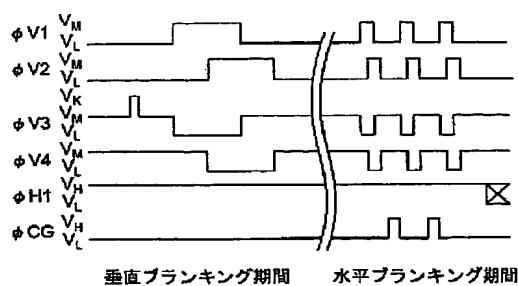
【図4】



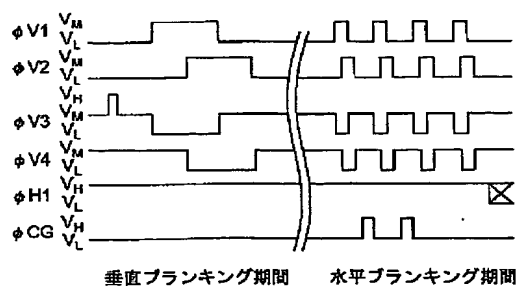
【図6】



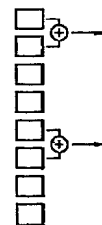
【図7】



【図8】

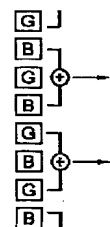


【図11】 【図12】

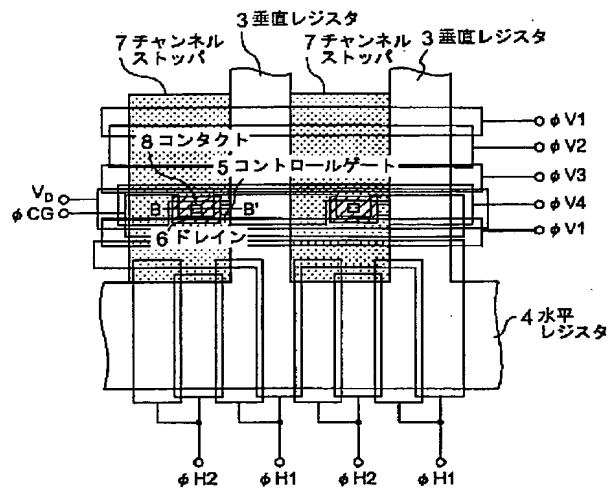


G	R	G	R
B	G	B	G
G	R	G	R
B	G	B	G

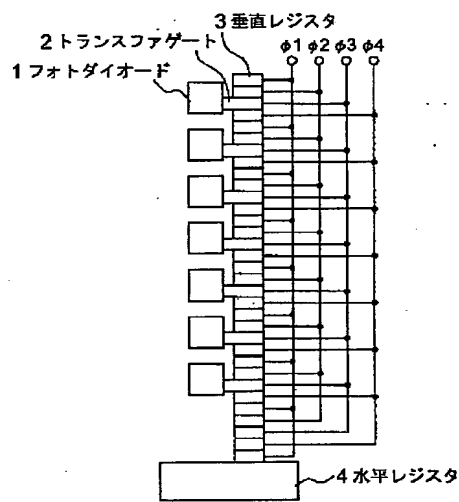
【図13】



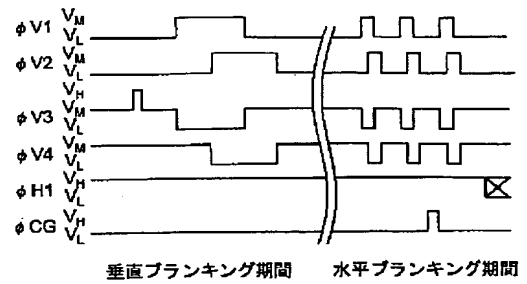
【図5】



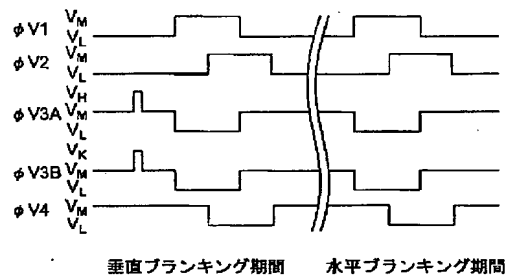
【図14】



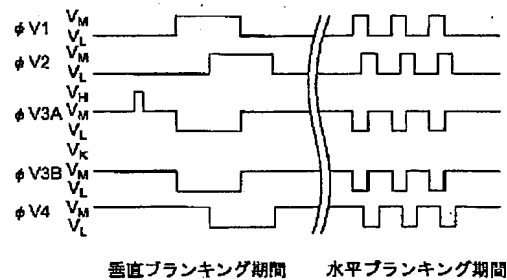
【図9】



【図15】



(a) 全画素読み出しモード



(b) 間引き読み出しモード

THIS PAGE BLANK (USPTO)